

KAJIAN PENGGUNAAN KAEDAH FOTOGRAMETRI TERRESTRIAL DALAM PENGAWASAN EMPANGAN KLANG GATE

Anuar bin Ahmad
Ibrahim bin Yaakub
Zainal Abidin Mat Som
Fakulti Ukur dan Harta Tanah
Universiti Teknologi Malaysia

Abstrak

Di negara kita terdapat banyak empangan yang digunakan untuk berbagai tujuan seperti menjana tenaga elektrik, bekalan air dan saliran. Empangan ini terdedah kepada banyak faktor yang boleh menjejaskan kestabilan dan merosakkannya. Di antara faktor-faktor ini adalah hujan lebat, gempa bumi, tanah runtuh, mendapan dan sebagainya. Untuk mengetahui mengenai kestabilan empangan, beberapa kaedah boleh digunakan. Di antara kaedah-kaedah ini adalah seperti kaedah geodetik, kaedah geoteknik, fotogrametri terrestrial dan sebagainya.

Dalam kajian ini, kaedah fotogrametri terrestrial akan digunakan. Kaedah ini pernah dilakukan di negara-negara maju dan didapati kaedah ini cepat, jitu dan menjimatkan kos. Lazimnya kerja-kerja deformasi bagi tujuan pengawasan empangan dijalankan dengan kaedah geodetik. Kaedah ini memerlukan masa yang panjang untuk kerja-kerja di lapangan untuk mengutip data-data cerapan yang mencukupi.

Walau bagaimanapun, penggunaan kaedah fotogrametri terrestrial dapat dilakukan dengan cepat kerana kaedah ini melibatkan kerja-kerja pengambilan fotograf terrestrial di lapangan dengan kamera metrik yang direkabentuk khas dengan jitu. Kerja-kerja lain dalam kaedah ini seperti hitungan dan analisis dibuat di makmal. Kaedah yang digunakan dalam kajian ini boleh dipraktikkan di negara kita kerana ia dapat memberikan hasil yang tepat, menjimatkan masa dan kos serta cepat.

1.0 PENGENALAN

Di Malaysia terdapat banyak empangan. Empangan-empangan ini terdiri daripada empangan kecil dan besar. Terdapat 52 buah empangan di Malaysia dan 28 daripadanya adalah empangan besar mengikut takrif International Commission On Large Dam. Empangan-empangan ini digunakan untuk berbagai-bagai tujuan seperti salira, bekalan elektrik, bekalan air dan sebagainya. Empangan-empangan ini perlu dikawal dan diawasi dengan berterusan untuk tujuan keselamatan dan kekukuhan struktur empangan. Struktur-struktur empangan mengalami proses berusia (ageing) dan kestabilan yang disebabkan oleh tekanan terhadap struktur yang berpunca dari mendapan, hujan lebat, kemarau dan sebagainya. Empangan-empangan ini perlu diawasi dari masa ke semasa. Jika tiada pengawasan yang berterusan dibuat terhadap struktur empangan, sekiranya empangan ini pecah, malapetaka atau bencana akan berlaku di mana penduduk-penduduk berhampiran akan mengalaminya. Sebaliknya jika pengawasan yang berterusan dibuat, keadaan struktur empangan dapat diawasi. Sekiranya terdapat pergerakan struktur empangan yang ketara tindakan yang sewajarnya dapat diambil sebelum berlakunya sebarang bencana. Di Malaysia belum pernah berlaku empangan pecah dan membawa bencana. Walau bagaimanapun, di Itali pernah berlaku bencana di mana tanah runtuh ke dalam empangan dan menyebabkan air melimpah keluar, akibatnya lebih kurang 2 000 orang terkorban dan memusnahkan Pekan Langarone.

Di negara kita terdapat satu badan yang digelar Malaysia National Committee On Large Dam yang berperanan mengawas, menyelenggara dan menyelamatkan empangan. Ahli-ahli dalam organisasi ini terdiri daripada jurutera-jurutera awam sahaja dan mereka menggunakan kaedah-kaedah mekanikal dan geoteknik. Sehingga kini sumbangan juruukur adalah sebagai pengutip data dalam pengawasan empangan. Disamping itu didapati amat sukar untuk mempengaruhi ahli-ahli profesional lain untuk menerima kaedah

fotogrametri terrestrial yang dapat memberi kesan atau keputusan yang baik. Walau bagaimanapun, penulis akan berusaha membuktikan bahawa kaedah fotogrametri terrestrial boleh digunakan untuk kerja-kerja pengawasan empangan yang berterusan. Dalam kajian yang dijalankan kaedah fotogrametri terrestrial digunakan untuk mengawasi Empangan Klang Gate.

Empangan Klang Gate adalah salah satu daripada empangan yang besar. Ia dibina di Ulu Kelang, Selangor Darul Ehsan untuk tujuan bekalan air. Air dari empangan ini disalurkan ke pusat pembersihan air di Bukit Nenas. Setelah air diproses dan bersih, air tersebut dibekalkan kepada penduduk-penduduk di sekitar Kuala Lumpur. Pada masa lalu organisasi yang bertanggungjawab untuk menguruskan empangan ini adalah Jabatan Bekalan Air Selangor. Tetapi pada masa ini Empangan Klang Gate diuruskan oleh sebuah syarikat swasta yang bernama Puncak Niaga Sdn. Bhd.

2.0 FOTOGAMETRI TERRESTRIAL

Fotogrametri Terrestrial adalah satu daripada cabang sains fotogrametri. Ia boleh didefinisikan sebagai satu seni, sains dan pengukuran yang dibuat di atas fotograf di mana fotograf ini diambil daripada kamera metrik (kamera yang direkabentuk khas) dan fotograf diambil di atas permukaan bumi. Di samping itu jarak dari kamera ke objek tidak melebihi 300 m.

Fotogrametri terrestrial boleh digunakan untuk banyak guna pakai seperti senibina, perubatan, automobil, pemetaan topografi (kawasan berbukit-bukau) dan pengawasan empangan. Kaedah telah digunakan dengan meluasnya di negara-negara maju. Walau bagaimanapun di Malaysia kaedah ini masih baru dan kurang di teroki.

3.0 PENGUTIPAN DATA DI LAPANGAN

Operasi di lapangan melibatkan dua proses iaitu penubuhan titik-titik kawalan geodetik dan proses penggambaran dengan kamera metrik Wild P32. Titik-titik kawalan geodetik berdasarkan kepada dua monumen konkrit yang stabil, dua stesen kamera (stesen pertama terletak di atas satu daripada monumen itu dan stesen kedua ditandakan di atas batu) serta 20 titik kawalan foto pada dinding dan di atas empangan (lihat Rajah 1). Sistem koordinat rujukan yang digunakan adalah sistem koordinat tempatan di mana stesen kawalan geodetik A dan B diambil sebagai paksi X, dan paksi Y bersudut tepat dengan paksi X tersebut (lihat Rajah 1).

3.1 Penubuhan dan cerapan titik kawalan geodetik

Terdapat dua bentuk titik kawalan geodetik. Pertama, 11 titik kawalan yang dibuat daripada aluminium dan dilekatkan pada dinding empangan. Kedua, 8 titik kawalan yang dipasangkan di atas tribak dan diletakkan di atas empangan. Rajah 1 menunjukkan kedudukan titik-titik kawalan foto pada empangan.

Titik-titik kawalan foto ini dicerap dari stesen kamera B dan C. Untuk sudut ufuk empat "zero setting" dibuat dari stesen B ke titik-titik kawalan di empangan dengan menggunakan teodolit Topcon. Cara yang sama diulangi di stesen C. Disamping itu sudut tegak juga dicerap dari kedua-dua stesen B dan C ke titik-titik kawalan pada empangan. Selain daripada itu jarak dari stesen B ke C dicerap dengan menggunakan EDM. Stesen C ditentukan koordinatnya dari stesen B. Ketinggian bagi stesen B dan C ditentukan dengan menggunakan kaedah trigonometri dengan menganggap ketinggian stesen B sebagai 1000 m. Rajah 1 menunjukkan jaringan cerapan titik-titik kawalan geodetik.

3.2 Pengambilan fotograf bumi

Fotograf untuk empangan diambil dengan menggunakan kamera metrik Wild P32 yang dipasangkan di atas teodolit Wild T2 yang didirisiapkan di atas stesen kamera B dan C. Format fotograf ialah 80 x 60 mm dan jarak fokus ialah 63.95 mm. Kawasan tindihan gambar (untuk model stereo) adalah lebih kurang 90 %.

napun,
kerja-
ametri

langor
Bukit
Kuala
adalah
varikat

ebagai
amera
ng itu

mobil,
iengan
ang di

proses
la dua
umen
li atas
utan di
paksi

inium
k dan
n.

etting”
yang
titik-
nakan
engan
ajah 1

tan di
0 mm
ng 90

Rajah 1 Jaringan cerapan titik-titik kawalan geodetik dan kedudukan titik-titik kawalan foto.

4.0 PENGUTIPAN DATA DI MAKMAL

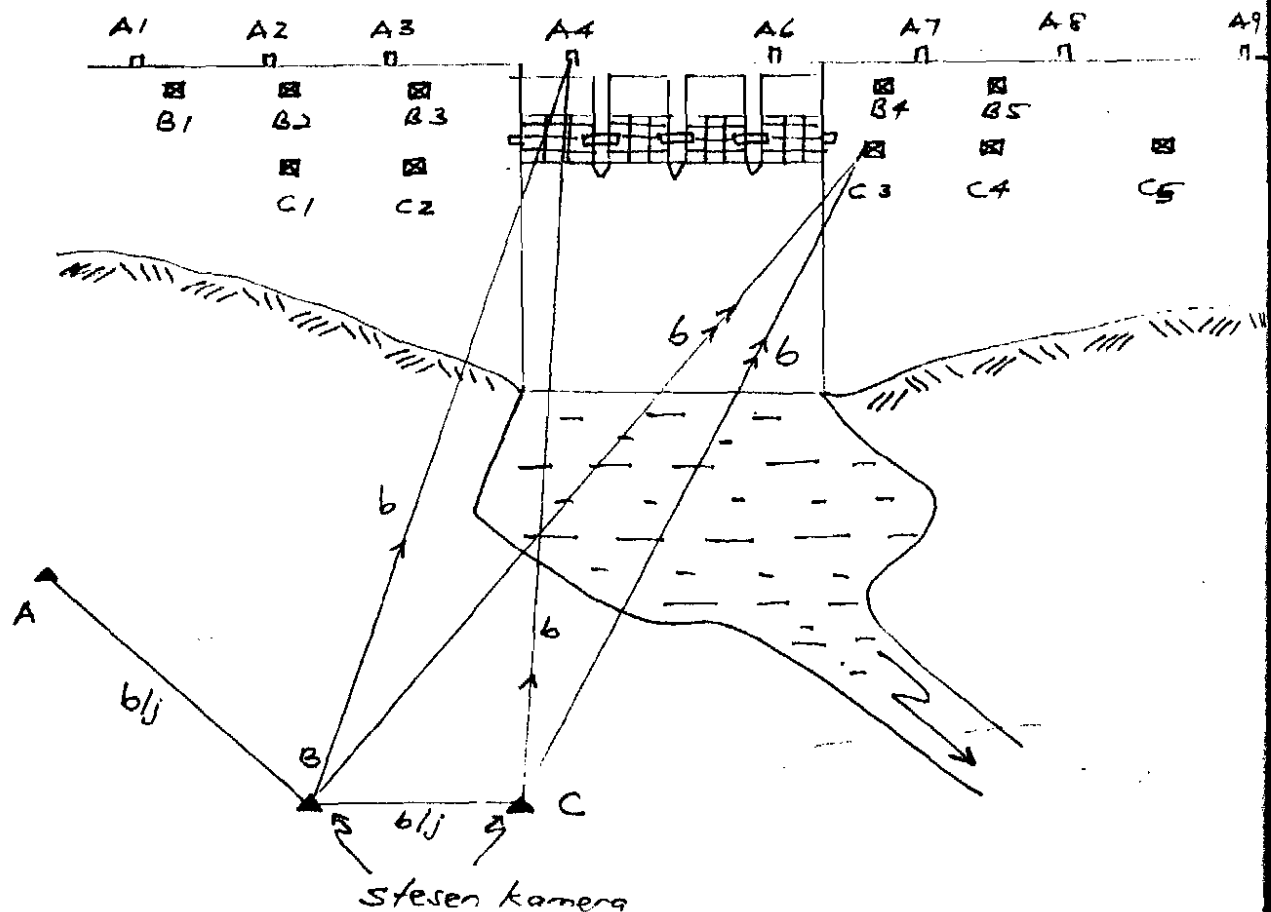
Sebelum data-data dikutip di makmal, beberapa proses perlu dilakukan. Proses-proses ini terdiri daripada hitungan dan pelarasan data-data di lapangan, penyucian filem dan pengutipan data dari alat plot analitik Adam Technology.

4.1 Hitungan dan pelarasan data-data lapangan

Setelah data-data di lapangan dikutip data-data ini adalah data mentah dan perlu dilaraskan dengan menggunakan kaedah pelarasan ganda dua terkecil supaya boleh digunakan bagi peringkat seterusnya. Jadual 1 menunjukkan koordinat-koordinat bagi titik-titik kawalan foto pada dinding dan di atas empangan serta koordinat-koordinat bagi stesen-stesen A, B dan C.

4.2 Penyucian filem

Fotograf-fotograf empangan yang diambil dengan menggunakan filem diproses supaya filem negatif dapat dihasilkan. Seterusnya dari filem negatif diapositif akan dihasilkan untuk digunakan dalam alat plot analitik Adam Technology. Secara ringkas, untuk mendapatkan filem negatif, filem yang telah digunakan untuk ambil fotograf dicuci dengan memasukkannya ke dalam “developer” dan “fixer” yang terdiri daripada bahan-bahan asid yang dibasuh dengan air dan dikeringkan. Cara untuk menghasilkan diapositif adalah sama seperti untuk mendapatkan filem negatif tetapi diapositif dihasilkan dari filem negatif. Disamping diapositif fotograf cetakan kertas (paper print) boleh juga dihasilkan dari filem negatif. Rajah 2 menunjukkan fotograf cetakan kertas Empangan Klang Gate.



Rajah 1 Jaringan cerapan titik-titik kawalan geodetik dan kedudukan titik-titik kawalan foto.

4.0 PENGUTIPAN DATA DI MAKMAL

Sebelum data-data dikutip di makmal, beberapa proses perlu dilakukan. Proses-proses ini terdiri daripada hitungan dan pelarasan data-data di lapangan, penyucian filem dan pengutipan data dari alat plot analitik Adam Technology.

4.1 Hitungan dan pelarasan data-data lapangan

Setelah data-data di lapangan dikutip data-data ini adalah data mentah dan perlu dilaraskan dengan menggunakan kaedah pelarasan ganda dua terkecil supaya boleh digunakan bagi peringkat seterusnya. Jadual 1 menunjukkan koordinat-koordinat bagi titik-titik kawalan foto pada dinding dan di atas empangan serta koordinat-koordinat bagi stesen-stesen A, B dan C.

4.2 Penyucian filem

Fotograf-fotograf empangan yang diambil dengan menggunakan filem diproses supaya filem negatif dapat dihasilkan. Seterusnya dari filem negatif diapositif akan dihasilkan untuk digunakan dalam alat plot analitik Adam Technology. Secara ringkas, untuk mendapatkan filem negatif, filem yang telah digunakan untuk ambil fotograf dicuci dengan memasukkannya ke dalam "developer" dan "fixer" yang terdiri daripada bahan-bahan asid yang dibasuh dengan air dan dikeringkan. Cara untuk menghasilkan diapositif adalah sama seperti untuk mendapatkan filem negatif tetapi diapositif dihasilkan dari filem negatif. Disamping diapositif fotograf cetakan kertas (paper print) boleh juga dihasilkan dari filem negatif. Rajah 2 menunjukkan fotograf cetakan kertas Empangan Klang Gate.

Stesen	Timur (m)	Utara (m)
A	1 000.000	1 031.371
B	1 000.000	1 000.000
C	1 002.266	988.335
Titik kawalan foto		
A1	1 031.547	1 052.661
A2	1 039.997	1 049.166
A3	1 054.656	1 038.420
A4	1 063.390	1 029.940
A6	1 078.746	1 007.413
A7	1 082.082	998.928
A8	1 085.753	981.072
A9	1 037.897	1 050.022
B1	1 041.791	1 047.892
B2	1 045.270	1 045.601
B3	1 071.880	1 019.183
B4	1 076.425	1 011.605
B5	1 041.722	1 047.738
C1	1 045.221	1 045.529
C2	1 071.709	1 019.039
C3	1 076.324	1 011.546
C4	1 082.599	996.089
C5	1 068.677	1 016.962

Jadual 1 Koordinat-koordinat stesen dan titik-titik kawalan foto

4.3 Alat Plot Analitik Adam Technology

Alat ini digunakan untuk mengutip data-data dari diapositif. Oleh kerana alat ini adalah alat plot analitik, ia menggunakan persamaan-persamaan matematik dan komputer untuk mendapatkan koordinat-koordinat bagi titik-titik kawalan foto pada empangan. Alat ini memerlukan 4 titik kawalan foto dalam setiap model stereo. Setelah dibuat orientasi dalam dan luar, koordinat-koordinat bagi titik-titik kawalan lain dapat diperolehi. Bagi setiap titik-titik kawalan pendigitan akan dilakukan sebanyak 5 kali. Data-data yang digunakan ini akan digunakan untuk proses seterusnya.

5.0 ANALISIS

Untuk analisis deformasi data-data yang dikutip dari alat plot analitik Adam Technology akan digunakan. Analisis akan dibuat untuk melihat kestabilan empangan. Setakat ini 3 epok telah dibuat (3 kali fotograf empangan telah diambil dan cuci). Tetapi pada ketika ini data-data dari alat plot Adam Technology belum lagi dikutip. Oleh itu analisis deformasi belum dilakukan lagi.

6.0 KESIMPULAN

Oleh kerana analisis deformasi belum dibuat lagi, keputusan mengenai kestabilan empangan tidak dapat diberikan. Walau bagaimanapun, satu kajian terhadap Empangan Klang Gate telah dibuat dengan menggunakan kaedah fotogrametri terrestrial pada tahun 1992. Dalam kaedah yang dilakukan, fotograf empangan telah diambil dan data dikutip dengan menggunakan stereokomparator. Seterusnya proses

silangalikan digunakan untuk mendapatkan koordinat pusat perspektif kamera dan proses silangan ruang digunakan untuk mendapatkan koordinat-koordinat bagi titik-titik kawalan foto dan analisis deformasi dilakukan. Dari kajian tersebut, kaedah fotogrametri terrestrial boleh digunakan untuk pengukuran deformasi yang dapat memberikan ketepatan dalam sentimeter yang boleh bersaing dengan kaedah-kaedah lain seperti kaedah mekanikal yang mana memberi kesan setempat (T.S. Hoe, 1992). Kaedah fotogrametri terrestrial berkemampuan memberi gambaran yang menyeluruh dan dapat merangkumi kawasan yang besar.

Dalam kajian yang dilakukan, penulis berkeyakinan bahawa kaedah yang dilaksanakan boleh digunakan untuk pengukuran deformasi kerana alat yang digunakan adalah alat plot analitik yang dapat memberikan ketepatan yang tinggi untuk koordinat-koordinat titik kawalan foto berbanding dengan alat stereokomparator. Disamping itu kaedah yang digunakan untuk pengukuran deformasi diharapkan dapat menjimatkan masa dan kos dan dipraktikkan di Malaysia.

RUJUKAN

Ghosh, S.K. (1988). *Analytical Photogrammetry*. Pergamon Press

Halert, B. (1954). *Deformation measurement by photogrammetry methods*. Photogrammetric Engineering.

Hoe, T.S. (1992). *Analisisdeformasi terikan menggunakan kaedah fotogrametri jarak dekat*. Projek Sarjanamuda Ukur (Tanah). 296 pages

Manual of analytical plotter Adam Technology

Manual of metric camera Wild P32

Wolf, P.R. (1983) *Element of Photogrammetry*. McGraw-Hill Book Company.